

迎接航空工业新一轮技术革命

Get Ready for the Next Technology Revolutions of Aviation Industry

张新国 / 中国航空工业集团公司

导读:以波音787和F-35为代表的高复杂性与高风险并存的大型飞机项目,虽然严格按照系统工程进行管理,却屡屡出现延迟交付和成本超支等问题,由此引发了业界的深刻反思。传统的系统工程方法只适用于过去各个组成部分可分解的结构性复杂项目,而今天的大型项目由于大量采用了软件、供应链发生了重大改变,使得由此形成的整体复杂性用传统的系统工程方法已难以驾驭,必须寻找适应目前及未来发展的新途径和新方法,系统工程管理需要一场革命。以碳纳米管材料、堆积制造、云计算和众包等为代表的基础技术创新层出不穷,意味着一场新的技术革命大潮即将到来。

关键词:复杂系统工程方法;基础技术创新;航空工业革命

Keywords: complex systems engineering method; fundamental technology innovation; aviation industry revolutions

0 引言

近年来,航空工业单项技术的发展十分迅速:飞机材料从铝合金、钛合金、铝镁合金发展到复合材料;推进系统和诸多功能系统在多电趋势中的复杂分工与集成;综合模块化航空电子技术大大减少了电子硬件,通过共享核心计算资源使更多的功能可以通过软件实现;组件之间、子系统之间、系统之间的相互作用与影响呈现出前所未有的复杂关系。

这些单项技术的创新带来了航空业的巨大变化,有些甚至引发了行业范式的彻底转移。当人们惊叹于波音787创新性地大量复合材料应用于机体时,却忽略了它对于传统的设计和生流程所带来的巨大冲击。显然,这些新的技术革新的内容并没有被融入旧的系统工程体系中,人们只关注于技术本身的进步,而忽略了技术进步所带来的对于系统工程方法本身的深刻影响。当组织管理的模式无法跟上技术进步的

步伐时,旧的系统工程模式必然遭遇严峻挑战。

1 传统的航空系统工程面临一场革命

以波音787和F-35为代表的高复杂性与高风险并存的大型飞机项目,虽然严格按照系统工程进行管理,却屡屡出现延迟交付和成本超支等问题,由此引发了业界的深刻反思。传统的系统工程方法只适用于过去各个组成部分可分解的结构性复杂项目,而今天的大型项目由于大量采用了软件、供应链发生了重大改变,使得由此形成的整体复杂性用传统的系统工程方法已难以驾驭,人们必须寻找适应目前及未来发展的新途径和新方法,系统工程管理需要一场革命。复杂的系统工程方法不仅仅是对传统系统工程方法的改进和完善,而是对其基本范式的质询和挑战。我们将如何改变过去60年来新中国航空工业已确定和应用的传统系

统工程模式,使其适应今天的复杂系统工程呢?

首先,现有的系统工程模式已经不能适应当今多维度、高动态、高风险、高复杂性的大型综合化项目。在复杂系统工程理论中,有一个十分重要却常常被人忽略的观点:只有复杂的系统才能执行复杂的任务,即只有复杂的系统工程方法、组织、管理才能应对复杂的科学研究、技术开发和产品制造。这个道理在处理工程实际问题时很容易被理解,就好比加工用的机床的精度要比被加工零件的精度高,测量设备的精度要比被测对象的精度高一样,而这个简单的道理在大型项目管理中却往往被忽略。当一些大型创新型项目的复杂度、综合程度越来越高时,对这些项目进行管理的系统工程模式却没有随之改进,而当管理模式无法驾驭复杂项目时,理所当然地会出现项目拖期、成本增加等问题。

其次,传统系统工程的范式过于关

注元素本身,几乎忽略了元素与元素之间的关系及其互相作用,而现在大型创新型项目最后出现问题的原因,往往是在元素与元素之间的互动关系环节上,即涌现性现象。当今,复杂系统工程的一个显著特点是跨行业、多学科交叉。例如,要解决飞机高性能无顾虑操纵的问题,就需要综合推力控制、气流控制、边界控制和健康管理等多个学科才能真正解决问题,而这就造成了项目元素与元素之间的关系越来越错综复杂,有些问题只有在元素和元素之间相互作用时才会显现出来,而现有的系统工程模式是一个“树形”的组织结构管理模式,在这种模式下只能看出单个元素的存在,至多能体现元素与元素之间的隶属关系,却无法体现具体的流程走向,而一旦某个环节出现问题,就会因现有模式造成的因果关系在时空上的分离,使得寻找原因变得非常困难。

第三,传统系统工程模式缺乏对不可预见性的包容度。传统系统工程的本质是追求可预见性、稳定性、可靠性和可控性,人们希望通过这种组织结构将所有的事情和可能发生的情况都预先设计好,如瀑布型和“V”方法论。人们希望从顶层设计到最后的试验验证,每一步都在预料之中、控制之下。但是,随着新项目的元素的增多,组件级的新技术革命内容越来越多,组件与组件之间的互动越来越紧密,许多组件之间相互作用所产生的结果是无法预知的。

作为一个复杂系统工程的产物,航空工业的大型项目其本身的复杂性是不可能被完全预知的,需要有一个认知的过程,因此复杂系统工程要允许和容纳不可预见性,而这恰恰是传统的系统工程所没有的。因此,解决问题的出路是:首先要改变思维模式,因为“不断

地做着同样的事,却指望得到不同的结果”几乎是不可能的;其次,要将组成系统的组件及相互作用关系特征引入系统工程方法、流程以及相关的支撑工具中;未来,应逐步改变传统系统工程企图将所有结果都放在事先规定和规范中,追求稳定性、可预测性、可靠性、透明性和可控性的基本范式,积极寻找对于复杂系统具有灵活性、适应性和进化性的新范式。

2 创新正从专业技术向基础技术领域转移

在航空航天业,创新一直是行业发展最重要的推动力。近年来,美国航空航天局(NASA)更是从过去更多地关注专业技术的创新向基础技术创新转移,以碳纳米管材料、云计算、众包等为代表的基础技术,为航空航天业的进一步发展奠定了基础。

1) 碳纳米管材料(Carbon-Nanotube Materials)

复合材料作为一种可设计性材料,它的出现给传统的金属加工行业带来了前所未有的冲击。NASA最新研发并计划推入航空领域的碳纳米管复合材料在强度、热传导性、导电性等方面相对于传统的复合材料有了巨大的超越,这项成果一旦被应用,无疑将引起制造领域一场新的变革。复合材料在飞机机体、发动机风扇中的成功应用,为行业带来了很多质的飞跃,例如在波音787机体结构中,碳纤维复合材料制造的部件约占50%,使得飞机的结构重量比大幅提升,耗油率大大降低,疲劳强度寿命成倍提高。而这些新材料的应用同时也带来了许多新的问题,如人们对于这些新型材料属性的理解还不够透彻,对其使用特性仍有待探索,比如复合材料的导电性差、无

损检测和快速修理等问题。此外,这些新材料的问世,给传统的加工制造业也带来了新的机遇和挑战。当材料设计方法、加工工艺、试验方法等发生了颠覆性的变化时,一些传统的金属加工行业的技术优势和经验积累将会荡然无存,相关的制造行业将会迎来一个重新洗牌的时刻。此时此刻,摆在我们企业面前的只有两条路,要么被市场淘汰,要么快速建立新的能力以适应技术发展的步伐。而基于碳纳米管的复合材料,将会把今天航空航天材料和结构技术的图像重新描绘。

2) 堆积制造(Additive Manufacturing)

堆积制造是相对于传统的去除制造(subtractive manufacturing)而言,典型的堆积制造是利用高能束流熔化金属粉末,按需求堆积出所需要的零件。与传统的金属切削去除制造相比,堆积制造可以大大提高材料的利用率。在传统的金属加工行业,用去除加工的方法切削出的零件,材料的利用率仅为10%,这意味着有90%的贵金属被浪费。在我国的航空企业,材料利用率低的问题则更为突出。在一些转包生产的项目中,飞机结构件加工中的材料利用率仅为2%,更是令人触目惊心。虽然国内一些企业和研究所也在应用电加工、快速成形、搅拌摩擦焊等技术对零部件进行加工,但整体而言,国内的制造水平还比较低。如何通过改进技术手段提高材料的利用率,降低生产成本,已经成为国内航空企业、研究院所必须正视的问题。

3) 云计算与众包(Cloud Computing & Crowd Sourcing)

云计算的理念最早是由软件供应商提出的,作为一种全新的商务模式,它有两层含义:首先,云计算强调的是软件的使用权,而不是拥有权,它使得

软件应用从有限走向无限,对于设计者而言,可以应用任何软件进行设计、运算,为设计人员提供了前所未有的自由度;其次,云计算作为一个开放式的工作平台,它也是一种聚集智慧的手段,因为工具只有加上人的能力、知识才会变为生产力,如计算流体力学(CFD)技术就是一个很好的例证。

众包是利用社交网络平台,在项目的设计启动阶段就开始利用众人的智慧对项目进行设计、验证、优化和完善。这对于相对较为封闭和传统的航空航天业而言,则是前所未有的。显然,应用众包的方法,可以对项目进行最大程度的优化和完善,但是对于航空航天这种战略性行业来说,众包和云计算显然会在不同程度上受到一定的制约。

由于行业的特殊性,云计算、众包这类全新的技术和商务模式可能无法最大程度地发挥它的作用,但是这并不会抹杀这种全新的模式所拥有的优越性。如在一些军机项目上,它们还无法得到真正应用,但在民机领域这种模式是完全可行的。在这方面,中航工业已经做了一些工作,也已经与欧盟签订了相关的合作协议,希望借助全世界的资源和智慧发展中国的航空产业。

3 迎接航空工业基础创新的革命

如前所述,像美国等航空航天强国都在反思系统工程重构和基础技术创新对于产业发展的重要性,那么,对于在项目管理、研发能力、制造工艺等方面都与之存在一定差距的中国航空工业来说,无疑更应该重新审视产业发展中所存在的诸多问题。

虽然我国的航空工业经过多年转包生产项目积累了一定的项目管理的经验,但总体而言,尤其是在复杂项目的管理上仍然与西方发达国家有着较

大的差距,这种差距体现在思维方式、方法论、工具等方方面面,在很多项目的管理上,仍然停留在瀑布式的线性管理水平上。例如,由于缺乏规范化的技术语言标准库,在西方国家早已实现了自动文档生成的今天,我们的很多项目仍然停留在传统方式的阶段。面对差距,中国的航空工业应该从何入手改变现状呢?

首先,要改变人的思维方式,要对复杂项目有充分的认识。当项目出现问题时,我们往往从外部去寻找原因,经费不足、时间不够等,却没有认识到项目出现问题的根本原因是系统工程管理体系的问题。当我们研制新一代飞机时,会提出很多单项技术革新计划,但却鲜有人反思现有的系统工程模式是否还能跟得上项目的发展,或者应该从哪些方面着手,对其进行改进和完善。随着C919项目、国产民用发动机项目的实施,上述问题已经真切地摆在我们面前。因此,这些大型复杂性项目要想取得成功,就必须从项目管理入手,正视系统工程的重要性。

其次,复杂项目管理最显著的特点是专业跨度大,学科错综复杂,这就对人的综合素质提出了更高的要求。之前所说的很多基础技术革命本身就是多学科交叉的产物,而它们作为单个元素存在于系统工程中,这就要求从业人员必须拥有多学科、跨专业的知识才能保障项目的顺利进行。同时,它对于我们的高等教育体系、企业的人才培养都提出了新的更高的要求。

当然,我们也应看到自己的优势。十多年来,美国很多高端人才已经放弃了以航空航天领域作为第一职业选择,转而流向金融等高收入行业。人才危机成为美欧航空航天业不得不正视的问题。许多欧美制造企业,近年来纷纷来

华设立研发机构,吸引优秀人才是他们的主要目标之一。而在我国,由于国家政策的扶持和很多大型项目的实施,中国航空工业迎来了新一轮的发展,吸引了越来越多的高端人才的加入。为了广纳英才,中航工业近年来还在全球范围内招募人才,并取得了一定的成绩,相信未来这些新鲜血液将会为中国航空工业的发展带来新的活力。

在航空航天工业这一轮的革命性变革中,我们应该充分发挥自己的人才优势,进一步改革体制机制,注重并实施复杂系统工程方法的范式转移及技术创新,以实现航空业的协同发展。

AST

参考文献

- [1] Graham Warwick. Changing the game[J]. Aviation Week & Space Technology, November 1/8, 2010.
- [2] Graham Warwick. Adding value[J]. Aviation Week & Space Technology, November 1/8, 2010.
- [3] Graham Warwick, Joseph C. Anselmo. Rising to the challenge [J]. Aviation Week & Space Technology, October 26/November 2, 2009.
- [4] Kristin Majcher. 10 technologies to watch [J]. Overhaul & Maintenance, January 1, 2011.
- [5] Guy Norris. Cultivating ideas[J]. Aviation Week & Space Technology, October 26/November 2, 2009.

作者简介:

张新国,工学博士、管理学博士,博士生导师,现任中国航空工业集团公司副总经理、首席信息官(CIO)和中国航空研究院院长等职务,主要从事复杂系统工程管理研究。